

2.1.2. EL AISLAMIENTO TÉRMICO EN LA CONSTRUCCIÓN

La necesidad de aislar térmicamente un edificio está justificada por cuatro razones fundamentales:

1. Economizar energía, al reducir las pérdidas térmicas por las paredes.
2. Mejorar el confort térmico, al reducir la diferencia de temperatura de las superficies interiores de las paredes y ambiente interior.
3. Suprimir los fenómenos de condensación y con ello evitar humedades en los cerramientos.



4. Mejorar el entorno medioambiental, al reducir la emisión de contaminantes asociada a la generación de energía.

2.1.2.1. LA ECONOMÍA DE ENERGÍA

La importancia de la crisis energética actual obliga a considerar seriamente las posibilidades de ahorro.

¿Cómo se puede actuar para conseguir una economía de energía en la edificación?

De varias formas:

- Mejorando el rendimiento de las instalaciones de calefacción, con la puesta a punto de los quemadores, una buena regulación, etcétera.
- Reduciendo las pérdidas de calor.

Al calentar un edificio se produce un desequilibrio entre la temperatura interior y la temperatura exterior, provocando la fuga de calor, entre el ambiente interior (más caliente) y el ambiente exterior (más frío), y de dos formas distintas:

- Por renovación del aire (ventilación e infiltración a través de las rendijas de puertas, ventanas, etc.). El aire caliente interior es reemplazado por el frío del exterior.
- A través de las paredes, techos, suelos o acristalamientos.
- A través de tuberías, calderas no aisladas.

LA RENOVACIÓN DEL AIRE

El aire procedente del exterior por ventilación e infiltración de los locales a una temperatura (T_e), para calentarse a la temperatura interior (T_i), necesita una cantidad de calor proporcional a su volumen (V), a la diferencia de temperatura ($T_i - T_e$) y su calor específico, según la relación;

$$Q = 0,29 \cdot V (T_i - T_e) \text{ kcal}$$

En cuanto a la infiltración de aire a través de las carpinterías de los huecos exteriores, la Norma Básica de la Edificación CT-79, en su artículo 20, Parte I:

La permeabilidad al aire de una carpintería de hueco se define por su clase de estanqueidad.

En las zonas climáticas A y B, del mapa 1, las carpinterías deberán ser de Clase A-1, y en las zonas C, D y E serán de Clase A-2. En el anexo 1 se dan las definiciones de estos conceptos.

PÉRDIDAS A TRAVÉS DE LOS CERRAMIENTOS (paredes, techos, etc.)

1. Modos de transmisión del calor

Cuando una pared opaca y homogénea se coloca entre dos ambientes a diferente temperatura, se produce una transferencia de calor de la cara caliente a la cara fría. Dicha transmisión (figura 1) se produce en varias fases:

1. Del aire interior (ambiente más caliente) a la cara interna de la pared.
2. A través de la pared.
3. De la cara externa de la pared al aire exterior (ambiente más frío).

La transmisión a través de la fase 2 se produce por *conducción* y en las fases 1 y 3, por convección y radiación.

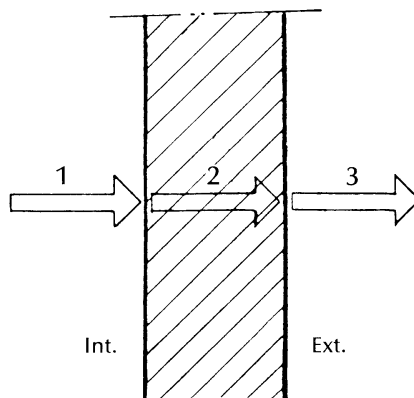


Fig 1.

2. Flujo de calor y resistencia térmica

Considerando una pared plana, homogénea y de una superficie (S) muy grande con respecto a su espesor (L), para una conducción en régimen estacionario y sin desprendimiento de calor interno; si las temperaturas de ambas caras son diferentes, pero uniformes y constantes (t_1) y (t_2), se establecerá un flujo de calor (Q) por unidad de tiempo que viene dado según la ley de Fourier por la siguiente relación:

$$Q = \lambda \frac{S}{L}(t_1 - t_2)$$

o bien

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\frac{L}{\lambda \cdot S}}$$

donde el valor $R = \frac{L}{\lambda \cdot S}$ juega el papel de una resistencia térmica, análoga a una resistencia eléctrica.

Referida a una superficie unitaria: $R = \frac{L}{\lambda}$ h · m² °C/kcal (m² °C/W).

La inversa de la resistencia térmica interna, $C = \frac{1}{R} = \frac{\lambda}{L}$ kcal/h · m² °C (W/m² °C) se denomina conductancia térmica y define la cantidad de calor transmitida a través de la unidad de área de una muestra de material o de una estructura de espesor L , dividida por la diferencia de temperatura entre las caras caliente (t_1) y fría (t_2) y en condiciones estacionarias.

La cantidad de calor transmitido por unidad de tiempo y área no sólo depende del espesor de la pared y del gradiente de temperatura $\Delta t = t_1 - t_2$, sino también de las propiedades intrínsecas del material en cuanto a su aptitud para conducir el calor y que se denomina *conductividad térmica* (λ).

El coeficiente de *conductividad térmica* (fig. 2) es la cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de extensión infinita y caras plano-paralelas y de espesor unidad, cuando se establece una diferencia de temperatura entre sus caras de un grado.

La *conductividad térmica* λ viene dada en kcal/h · m °C (W/m °C).

La inversa de la conductividad térmica λ se denomina *resistividad térmica* $r = \frac{1}{\lambda}$ y viene dada en h · m °C/kcal (m °C/W).

Nota: las normas CEN para Aislamientos y Energía en la Edificación establecen como unidad el W y no la kcal/h. Se han mantenido las dos formas de unidades por el hábito usual hasta ahora en España.

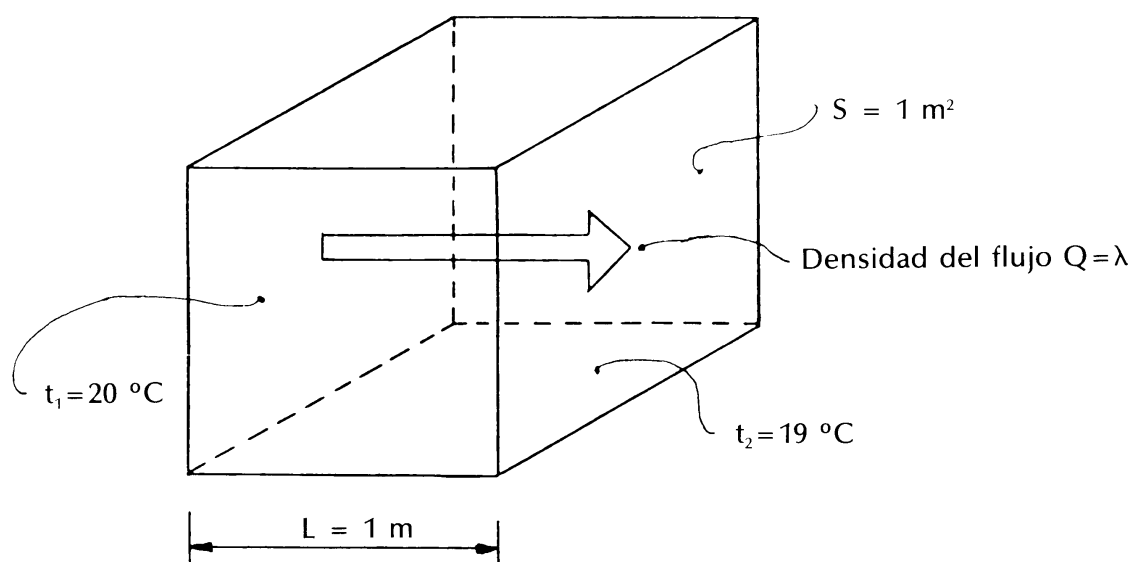


Fig. 2

2.1.2.2. RESISTENCIA TÉRMICA TOTAL Y COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DEL CALOR (fig. 3) DE UNA PARED DE UNA CAPA O SIMPLE

Para determinar la resistencia térmica total de una pared que separa dos ambientes a diferentes temperaturas, no solamente debemos tener en cuenta la *resistencia térmica interna* de dicha pared, sino también otras resistencias suplementarias, denominadas resistencias térmicas superficiales interna y externa (r_{si} y r_{se}), debidas a las dificultades de cambios de calor entre la pared y el aire (transferencias de calor por convección y radiación).

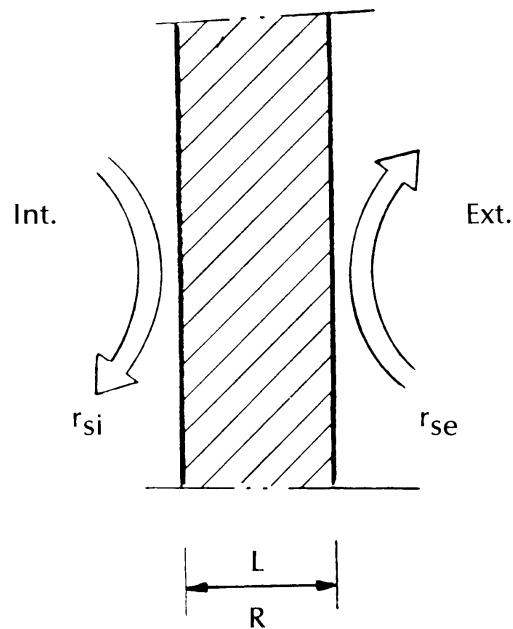


Fig. 3

La resistencia térmica total de la pared simple será:

$$R_T = r_{si} + R + r_{se}$$

Las *resistencias térmicas superficiales* r_{si} y r_{se} pueden definirse como $\frac{1}{h_i}$ y $\frac{1}{h_e}$, siendo h_i y h_e los *coeficientes superficiales de transmisión de calor interior y exterior* que vienen dados en $\text{kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

Expresan la transmisión térmica por unidad de superficie en contacto con aire u otro fluido, debido a la convección y radiación, dividido por la diferencia de temperatura entre la superficie del material y la temperatura seca del fluido.

El valor del coeficiente superficial depende de muchos factores, tal como el movimiento del aire u otro fluido, las rugosidades de la superficie y la naturaleza y temperatura del ambiente.

Los valores de las resistencias superficiales prácticas para su aplicación en construcción aparecen en la tabla 2.1 Anexo 2 de la N.B.E.-CT-79.

TABLA 3

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Situación del cerramiento					
	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
	1/h _i	1/h _e	1/h _i +1/h _e	1/h _i	1/h _e	1/h _i +1/h _e
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal > 60° y flujo horizontal.	0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤ 60° y flujo ascendente.	0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente.	0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)
Resistencias térmicas superficiales en: m ² h °C/kcal (m ² °C/W)						

Por tanto, la resistencia térmica total puede expresarse como sigue:

$$R_T = \frac{1}{h_i} + R + \frac{1}{h_e} = \frac{1}{h_i} + \frac{L}{\lambda} + \frac{1}{h_e} \text{ h} \cdot \text{m}^2 \text{ °C/kcal (m}^2 \text{ °C/W)}$$

El *coeficiente de transmisión de calor*, inverso de la resistencia térmica total, expresa el flujo de calor por unidad de superficie y de tiempo y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes, o sea:

$$K = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{L}{\lambda}} \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \text{ °C (W/m}^2 \text{ °C)}$$

2.1.2.3. PARED COMPUESTA O DE VARIAS CAPAS (fig. 4)

La resistencia térmica total será la suma de las resistencias térmicas parciales de cada capa:

$$R_T = r_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + r_{se} = \frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_3}{\lambda_3} + \frac{1}{h_e} \text{ h} \cdot \text{m}^2 \text{ °C/kcal (m}^2 \text{ °C/W)}$$

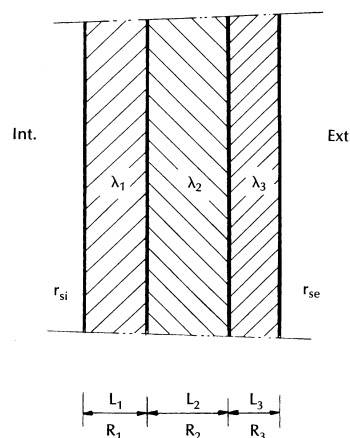


Fig. 4

El coeficiente de transmisión de calor:

$$K = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_3}{\lambda_3}} \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$$

2.1.2.4. COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN GLOBAL DE UNA PARED (K_U) O COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN ÚTIL

Los cerramientos normales no son homogéneos ni continuos, ya que existen encuentros de muros, forjados, estructuras, etcétera, por lo que en el coeficiente de transmisión deben incluirse los coeficientes de transmisión de estos puntos singulares o «puentes térmicos», con lo que tendremos un coeficiente de transmisión global del conjunto o coeficiente de transmisión útil.

Para estos puntos singulares se utiliza un coeficiente de transmisión lineal k (kcal/h · m · °C o W/m · °C), que representa el flujo de calor para una longitud de 1 m y una diferencia de temperatura de 1 °C.

Por tanto, para una superficie (S) de cerramiento, el coeficiente de transmisión global o coeficiente de transmisión útil viene dado por la relación:

$$K_u = \frac{KS + \sum k \cdot L}{S} = \text{kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$$

Siendo L la longitud en metros de los puentes térmicos.

Para el caso de «puentes térmicos», de una dimensión o ancho definido (pilares, perfiles de forjado, etc.), puede transformarse el coeficiente del transmisión lineal (k) en superficial K, mediante la relación:

$$K = \frac{k \cdot L}{S} = \text{kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C (W/m}^2 \cdot \text{°C)}$$

2.1.2.5. COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN GLOBAL (K_G) DE UN EDIFICIO

Es la media ponderada de los coeficientes de transmisión K de los cerramientos que envuelven un edificio y viene dado por la relación siguiente (N.B.E.-CT-79, Anexo 3, Apartado 3.6):

$$K_G = \frac{\sum K_E \cdot S_E + 0,5 \sum K_N \cdot S_N + 0,8 \sum K_O \cdot S_O + 0,5 \sum K_S \cdot S_S}{\sum S_E + \sum S_N + \sum S_O + \sum S_S} \text{ kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C (W/m}^2 \cdot \text{°C)},$$

siendo los coeficientes útiles de transmisión de calor kcal/h.m² °C o W/m² °C:

- K_E — Cerramientos en contacto con el ambiente exterior.
 - Cerramientos verticales o inclinados más de 60° con la horizontal y forjados sobre espacios abiertos.
- K_N — Cerramientos de separación con otros edificios o locales no calefactados.
 - Cerramientos verticales u horizontales sobre espacios cerrados no calefactados de altura superior a 1 m.
- K_O — Cerramientos de techo o cubierta.
 - Cubiertas inclinadas menos de 60° con la horizontal y horizontales.
 - Cubiertas bajo el terreno.
- K_S — Cerramientos de separación sobre el terreno.
 - Soleras o muros enterrados.
 - Forjados sobre cámara de aire de altura menor a 1 m.

y las superficies correspondientes a los cerramientos del edificio (m²):

- ΣS_e — Cerramientos en contacto con el ambiente exterior.
 ΣS_N — Cerramientos de separación con otros edificios o locales no calefactados.
 ΣS_o — Cerramientos de techo o cubierta.
 ΣS_s — Cerramientos de separación con el terreno.

2.1.2.6. CÁLCULO DE LA POTENCIA ÚTIL DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Para un caudal de renovación de aire V (m^3/h) y un gradiente de temperatura ΔT , entre el interior (T_i) y el exterior (T_e), las pérdidas vienen dadas por la expresión:

$$P = \Sigma S_i \cdot K_G \cdot (T_i - T_e) + C_e \cdot V (T_i - T_e) \text{ kcal/h}$$

Por tanto, la potencia útil necesaria (P) viene dada por:

$$P = [K_G \cdot \Sigma S_i + 0,29 \cdot V] (T_i - T_e) \text{ kcal/h}$$

donde:

T_i — Temperatura interior de cálculo ($^{\circ}C$) (Ver tabla 4.)

T_e — Temperatura exterior de cálculo ($^{\circ}C$). (Ver tabla 5.)

C_e — calor específico del aire ($\frac{\text{Kcal}}{m^3}$); $C_e = 0,29 \frac{\text{Kcal}}{m^3}$

K_G — coeficiente global transmisión calor ($\frac{\text{Kcal}}{h \cdot m^2 \cdot ^{\circ}C}$)

En las tablas 6, 7 y 8 aparecen los volúmenes de aire de renovación necesarios para mantener el ambiente salubre e infiltración.

La potencia a instalar se deduce de multiplicar la potencia útil por 1,2 en el caso de calefacción continua y por 1,5 en el caso de calefacción intermitente.

2.1.2.7. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS ANUALES

Las pérdidas anuales vienen dadas por:

$$Q = \frac{P \cdot G \cdot 24 \cdot u \cdot i}{T_i - T_e}$$

donde:

P = Potencia útil de la instalación.

G = son los grados/día correspondientes a la zona donde se haya ubicado el edificio (tabla 9, columna correspondiente a los grados-día anuales).

u = coeficiente de uso (tabla 10).

i = coeficiente de intermitencia (tabla 10).

Y el consumo de energía o combustible anual será:

$$E = \frac{Q}{(\text{P.C.I.}) \cdot R}$$

donde:

Q = pérdidas anuales de la instalación.

(P.C.I.) = poder calorífico inferior del combustible utilizado en kcal/kg; kcal/litro; kcal/ m^3 y kcal/kWh (tabla 2).

R = rendimiento de la instalación (tabla 11).

TABLA 4
TEMPERATURAS INTERIORES DE CÁLCULO
 (En instalaciones de calefacción de calidad extra es recomendable aumentar estos valores en 1°C)

TIPO DE LOCAL	Temperatura	TIPO DE LOCAL	Temperatura	TIPO DE LOCAL	Temperatura
— <i>Espacios generales de edificios:</i>		— <i>Fábricas:</i>		— <i>Lavanderías</i>	17
Aseos	20	Comedores	18	— <i>Museos</i>	17
«Hall» de entrada	17	Oficinas	20	— <i>Oficinas:</i>	
Huecos escalera	17	Retretes	17	Archivos	15
Pasillos	17	Salas de trabajo:		Oficinas generales	20
Retretes	17	Trabajo sentado	19	Oficinas privadas	20
— <i>Bancos:</i>		Trabajo ligero	17	— <i>Pabellones de deporte:</i>	
Almacenes no ocupados	10	Trabajo pesado	16	Comedores	18
Cajas fuertes	10	Fundiciones	15	Gimnasios	13
«Hall» general	20	Vestuarios	17	Piscinas	24
Oficinas	20	— <i>Galerías de arte</i>	17	Salas de baile	18
— <i>Bares</i>	18	— <i>Gimnasios</i>	15	Vestuario	22
— <i>Bibliotecas:</i>		— <i>Hospitales:</i>		— <i>Residencias:</i>	
Almacén de libros	16	Baños	20	Baños	19
Salas de lectura	20	Cocinas y lavaderos	16	Comedores	18
— <i>Cafeterías</i>	18	Comedores	21	Dormitorios	15
— <i>Cantinas</i>	17	Dormitorios (estancia todo el día)	22	Entradas, escaleras y pasillos	17
— <i>Cines</i>	18	Dormitorios (estancia sólo por la noche)	15	Gimnasio	15
— <i>Colegios:</i>		Dormitorios (personal de plantilla del hospital)	15	Habitaciones comunes	19
Clases	18	Quirófanos	29-32	Salas de reunión	17
Comedores	18	Retretes	20	Salas de estudio-biblioteca	19
Entradas, escaleras y pasillos	17	Salas de Rayos X	22	— <i>Restaurantes</i>	20
Gimnasio	15	Salas de estar	21	— <i>Salas de baile</i>	18
Laboratorios	18	Salas de estar para ancianos o impedidos	22	— <i>Salas de banquetes</i>	20
Salas de estudio	19	Salas de estar (personal de plantilla del hospital)	21	— <i>Salas de exposición</i>	17
Salas de reunión	17	Salas generales	22	— <i>Salas de reuniones y asambleas</i>	17
Vestuarios	17	Salas de recuperación	23	— <i>Teatros</i>	18
— <i>Cuarteles:</i>		— <i>Hostales y posadas:</i>		— <i>Tiendas de pinturas</i>	22
Comedores	18	Comedores	19	— <i>Tiendas y salas de exposición:</i>	
Dormitorios generales	15	Dormitorios	15	Almacenes	15
Salas de estar	19	Dormitorios-estar	19	Locales	18
— <i>Escuelas:</i>		Habitaciones comunes	20	Locales de prueba de vestidos	21
Aulas	18	— <i>Hoteles:</i>		— <i>Viviendas:</i>	
Botiquín	20	Baños	20	Baño	20
Comedores	17	Cocinas y lavaderos	16	Comedor	20
Gimnasio	15	Comedores	20	Despensa	10
Guardarropas	16	Dormitorios	18	Dormitorios	15
Habitaciones comunes	18	Dormitorios-estar	20	Dormitorios-estar	20
Habitaciones profesores	18	Habitaciones generales	21	Habitaciones de servicio	18
Pasillos	17	Habitaciones de servicio	18	Retretes y aseos	18
Retretes	17	Retretes	18	Salas de estar	20
Salón de actos	17	Salas de baile	20	Vestibulos y pasillos	18
Salas de juego para niños	18	Salas de estar	20		
Vestuarios- duchas	19	— <i>Iglesias y capillas</i>	18		
		— <i>Juzgados (salas de juicio)</i>	20		

TABLA 5
TEMPERATURA EXTERIOR DE CÁLCULO PARA DIFERENTES TIPOS DE CONSTRUCCIÓN Y CALIDADES DESEADAS DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN (°C)

POBLACIONES	Ligera (1)		Media (1)		Pesada (1)	
	(2)		(2)		(2)	
	Extra	Normal	Extra	Normal	Extra	Normal
Albacete	-8	-7	-7	-6	-6	-5
Almería	4	5	5	6	5	6
Ávila	-8	-7	-7	-6	-7	-6
Badajoz	-2	-1	-1	0	0	1
Barcelona	1	2	2	3	2	3
Bilbao	-1	0	0	1	0	1
Burgos	-7	-6	-6	-5	-6	-5
Cáceres	-1	0	0	1	0	1
Ciudad Real	-4	-4	-3	-3	-2	-2
Córdoba	-1	0	0	1	1	2
Cuenca	-8	-7	-7	-6	-6	-5
Gerona	-4	-3	-3	-2	-2	-1
Gijón	1	2	2	3	2	3
Granada	-3	-2	-2	-1	0	1
Guadalajara	-5	-4	-4	-3	-4	-3
Huelva	0	1	1	2	2	3
Huesca	-6	-5	-5	-4	-4	-3
Jaén	-1	0	0	1	0	1
La Coruña	2	2	3	3	3	3
León (Aeropuerto)	-7	-6	-6	-5	-6	-5
Lérida	-6	-5	-5	-4	-5	-4
Logroño (Instituto)	-4	-3	-3	-2	-3	-2
Lugo	-3	-2	-2	-1	-2	-1
Madrid	-4	-3	-3	-2	-3	-2
Murcia	-1	0	0	1	1	2
Orense	-4	-3	-3	-2	-3	-2
Oviedo	-3	-2	-2	-1	-1	0
Palencia	-7	-6	-6	-5	-6	-5
Pamplona	-6	-5	-5	-4	-5	-4
Pontevedra	0	1	1	2	1	2
Salamanca	-8	-7	-7	-6	-6	-5
San Sebastián	-3	-2	-2	-1	-2	-1
Santander	1	2	2	3	2	3
Segovia	-8	-7	-7	-6	-7	-6
Sevilla	0	1	1	2	2	3
Soria	-8	-7	-7	-6	-6	-5
Tarragona	0	1	1	2	1	2
Teruel	-9	-8	-8	-7	-6	-5
Toledo	-4	-3	-3	-2	-2	-1
Valencia	0	1	1	2	2	3
Valladolid	-6	-5	-5	-4	-5	-4
Vigo	2	3	3	4		
Vitoria	-7	-5	-6	-4	-6	-4
Zamora	-6	-5	-5	-4	-5	-4
Zaragoza	-4	-3	-3	-2	-3	-2

(1) Tipo de construcción

(2) Calidad de la instalación

TABLA 6
CANTIDAD MÍNIMA DE AIRE EXTERIOR PARA ELIMINACIÓN DE OLORES

	Volumen de habitación por ocupante (m ³ /persona)	Volumen de aire renovado (m ³ /persona · h)
Adultos sentados	3	40
	6	27
	9	20
	14	12
Trabajadores	6	40
Escuelas	3	50
	6	35
	9	30
	14	20

TABLA 7
CANTIDAD MÍNIMA DE AIRE EXTERIOR PARA MANTENER UN AMBIENTE SALUBRE

TIPO DE LOCAL	VENTILACIÓN		
	m ³ /hora y persona		m ³ /hora y m ³ de planta de local
	Mínimo	Recomendable	
Bancos	1,8	3,5	
Cafeterías	4,5	7	
Escuelas	10	20	
Fábricas	1,3	1,8	1,8
Garajes			1,8
Grandes almacenes	1	1,3	
Hospitales:			
— Quirófanos			
— Habitaciones privadas	4,5	5,5	4
— Salas generales	1,8	3,5	
Oficinas:			
— Generales	1,8	2,5	
— Particulares	2,5	4,5	
Restaurantes	2,0	2,5	
Salas de reunión	5,5	9	
Teatros y cines	1	1,3	

TABLA 8
NÚMERO DE CAMBIOS «n» DE AIRE POR HORA EN DISTINTOS TIPOS DE HABITACIONES
 (No se incluye el aire de ventilación)

TIPO DE HABITACIÓN	N.º de cambios por hora	
	Puertas y ventanas sin burlete	Puertas y ventanas con burlete
Con una cara expuesta	1	0,50
Con dos caras expuestas	1,5	0,75
Con tres caras expuestas	2	1,00
Con cuatro caras expuestas	2	1,00
Sin puertas ni ventanas exteriores	0,5 a 0,75	0,50
Vestíbulos	2 a 3	1,0 a 1,5
Salas de recepción	2	1,00
Baños	2	1,00

TABLA 9
GRADOS-DÍA CON TEMPERATURA BASE 15/15 (UNE 24046)
Valores mensuales y anuales

POBLACIÓN	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Octubre	Novbre.	Dicbre.	5 meses (1)	Año
Albacete	322,4	246,4	198,4	105,0	—	24,8	189,0	291,4	1.247,6	1.377,4
Algeciras	80,6	67,2	37,2	—	—	—	—	52,7	237,7	237,7
Alicante	117,8	84,0	52,7	—	—	—	—	83,7	338,2	338,2
Almería	74,4	56,0	21,7	—	—	—	—	55,8	207,9	207,9
Ávila	390,6	330,4	300,7	219,0	93,0	142,6	282,0	268,9	1.672,6	2.127,2
Badajoz	213,9	151,2	99,2	18,0	—	—	96,0	189,1	749,4	767,4
Barcelona	204,6	131,6	96,1	33,0	—	—	54,0	136,4	622,7	655,7
Bilbao	198,4	162,4	136,4	84,0	—	—	93,0	145,7	735,9	819,9
Burgos	384,4	319,2	282,1	210,0	89,9	133,3	273,0	356,5	1.615,2	2.048,4
Cáceres	254,2	184,8	145,7	57,0	—	—	132,0	229,4	946,1	1.003,1
Cádiz	89,9	47,5	24,8	—	—	—	—	65,1	227,4	227,4
Cartagena (M)	133,3	92,4	58,9	—	—	—	15,0	111,6	411,2	411,2
Castellón	139,5	106,4	68,2	9,0	—	—	27,0	102,3	443,4	452,4
C. Real	310,0	238,0	189,1	99,0	—	12,4	182,0	282,1	1.201,2	1.312,6
Córdoba	198,4	126,0	80,6	9,0	—	—	72,0	176,7	653,7	662,7
Cuenca	365,8	298,2	251,1	177,0	37,2	93,0	243,0	362,7	1.520,8	1.828,0
Gerona	238,7	176,4	133,3	66,0	—	—	111,0	213,9	873,3	939,3
Gijón (Oviedo)	167,4	162,4	145,7	108,0	46,5	—	87,0	151,9	714,4	868,9
Granada	257,3	196,0	155,0	69,0	—	—	132,0	232,5	972,8	1.041,8
Guadalajara	319,3	249,2	207,7	132,0	—	49,6	207,0	303,8	1.287,0	1.468,6
Huelva	136,4	86,8	46,5	—	—	—	21,0	111,6	402,3	402,3
Huesca	319,3	243,6	189,1	99,0	—	18,6	186,0	294,5	1.232,5	1.350,1
Jaén	217,0	165,2	124,0	39,0	—	—	93,0	192,2	791,4	830,4
La Coruña	170,5	142,8	139,5	99,0	31,0	9,3	99,0	136,4	688,2	827,5
León	403,0	333,2	297,6	204,0	80,6	164,3	291,0	368,9	1.693,7	2.142,6
Lérida	334,8	210,0	114,7	36,0	—	—	183,0	347,2	1.189,7	1.225,7
Logroño	316,2	240,8	195,3	129,0	—	46,5	195,0	282,1	1.229,4	1.404,9
Lugo	328,6	263,2	263,5	204,0	74,4	114,7	228,0	294,5	1.377,8	1.770,9
Madrid	316,2	246,4	192,2	102,0	—	43,4	204,0	300,7	1.259,5	1.404,9
Málaga	83,7	61,6	37,2	—	—	—	—	65,1	247,6	247,6
Murcia	148,8	92,4	43,4	—	—	—	27,0	120,9	432,5	432,5
Orense	244,9	168,0	136,4	57,0	—	—	141,0	220,1	910,4	967,4
Oviedo	244,9	193,2	179,8	138,0	46,5	37,2	153,0	207,7	978,6	1.200,3
Palencia	362,7	282,8	241,8	171,0	37,2	89,9	252,0	344,1	1.483,4	1.781,5
Pamplona	325,5	266,0	217,0	147,0	24,8	58,9	204,0	291,4	1.303,9	1.534,6
Pontevedra	201,5	156,8	136,4	81,0	3,1	15,5	120,0	176,7	791,4	891,0
Salamanca	350,3	280,0	232,5	144,0	12,4	80,6	240,0	322,4	1.425,2	1.662,2
San Sebastián	207,7	179,2	142,6	99,0	6,2	—	111,0	167,4	807,9	913,1
Santander	158,1	131,6	124,0	90,0	—	—	84,0	136,4	634,1	724,1
Santiago	213,9	176,4	158,1	114,0	18,6	21,7	138,0	189,1	875,5	1.029,8
Segovia	368,9	299,6	260,4	177,0	52,7	102,3	258,0	347,2	1.534,1	1.866,1
Sevilla	151,9	95,2	37,2	—	—	—	27,0	127,1	438,4	438,4
Soria	381,3	319,2	282,1	198,0	74,4	96,1	270,0	356,5	1.609,1	1.977,6
Tarragona	170,5	117,6	96,1	42,0	—	—	60,0	139,5	583,7	625,7
Teruel	368,9	302,4	257,3	165,0	40,3	86,8	240,0	341,0	1.509,6	1.801,7
Toledo	285,2	207,2	168,1	69,0	—	—	165,0	263,5	1.089,0	1.158,0
Tortosa	182,9	126,0	83,7	9,0	—	—	63,0	151,9	607,5	616,5
Valencia	155,0	117,6	74,4	6,0	—	—	42,0	120,9	509,9	515,9
Valladolid	359,6	277,2	232,5	150,0	21,7	93,0	240,0	334,8	1.444,1	1.708,8
Vigo	182,9	142,8	133,3	87,0	3,1	6,2	99,0	151,9	709,9	806,2
Vitoria	313,1	254,8	226,3	168,0	55,8	62,0	222,0	297,6	1.313,8	1.599,6
Zamora	334,8	260,4	198,4	132,0	6,2	58,9	222,0	288,3	1.303,9	1.501,0
Zaragoza	291,4	210,0	151,9	75,0	—	6,2	162,0	254,2	1.069,5	1.150,7
Mahón	136,4	117,6	83,7	30,0	—	—	12,0	96,1	445,8	475,8
P. de Mallorca	155,0	126,0	86,8	24,0	—	—	24,0	111,6	503,4	527,4
Izaña	350,3	322,0	319,3	255,0	179,8	161,2	261,0	325,5	1.674,1	2.270,1
La Laguna	77,5	64,4	46,5	18,0	—	—	—	52,7	241,1	259,1
Las Palmas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Santa Cruz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ceuta	136,4	126,0	91,0	48,0	—	—	21,0	58,9	433,3	481,3
Melilla	80,6	70,0	24,8	—	—	—	—	49,6	225,0	225,0

(1) Grados-día de los cinco meses de noviembre a marzo.

TABLA 10
COEFICIENTE DE USO E INTERMITENCIA

TIPO DE EDIFICIO	Días de calefacción al mes	Coefficiente de uso	Horas de calefacción al día	% de horas	Coefficiente de intermitencias
Viviendas	30	1,00	15	63	0,85
Colegios, Escuelas	22	0,80	6	25	0,45
Iglesias	6	0,40	6	25	0,45
Tiendas, Comercios	24	0,85	11	46	0,80
Oficinas	24	0,85	9	38	0,70
Hoteles	30	1,00	15	63	0,85
Fábricas, Talleres	24	0,85	9	38	0,70
Sanatorios, Clínicas, Hospitales	30	1,00	24	100	1,00
Teatros, Cines	30	1,00	3	13	0,40
Salas de concierto, Salas de reunión	6	0,40	3	13	0,40

Nota: No está incluido el tiempo necesario para el calentamiento previo, que varía de dos a cuatro horas, según el edificio y su situación.

TABLA 11

Tipo de energía o combustible	Tipo de instalación	Rendimiento en %
Carbón	Individual	50
	Central, poco atendida	50
	Central, atendida normalmente	60
	Central, atendida mecánicamente	70
Combustibles líquidos	Individual	60
	Central, normal	70
	Central, automatizada	80
Gas	Individual	60
	Central, normal	70
	Central, automatizada	80
Eléctrica	Elementos individuales	100
	Radiadores (distribución)	75-90

NOTA:

Para los materiales de cerramiento en la calefacción, se deben tomar los valores ofrecidos por los fabricantes, siempre que estén avalados por certificados de ensayo realizados por laboratorios oficiales.

En caso de no disponer de los mismos, se pueden tomar los valores indicados en las tablas 2.8 a 2.13 incluidas en el anexo 2 de la NBE-CT-79.